

English translation of

PUBLICATION OF UNEXAMINED PATENT APPLICATION OF JAPAN

(11)Publication number : **H11-223299**(43)Date of publication of application : **17. 08. 1999**

(51)Int.Cl. F16S 5/00
E04B 1/344

(21)Application number : **10-285639** (71)Applicant : **NISHIMATSU CONSTR CO LTD**

(22)Date of filing : **07.10.1998** (72)Inventor : **TOKI AKITO
SAITO JUN**

(30)Priority

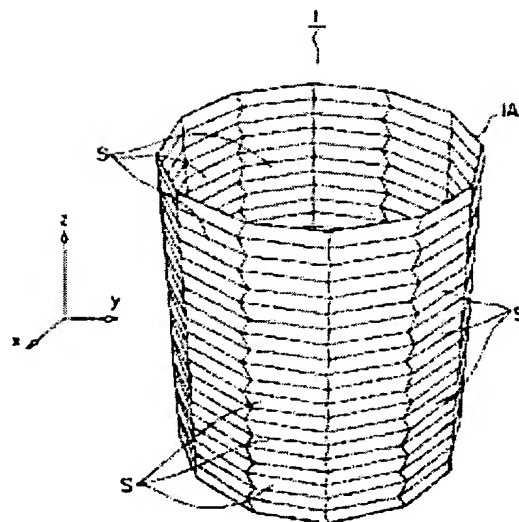
Priority number : **09333154** Priority date : **03.12.1997** Priority country : **JP**

(54) CYLINDRICALLY DEVELOPED STRUCTURE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cylindrically developed structure having various developing patterns, which is capable of performing elongated/contracted development at large rates.

SOLUTION: A cylindrically developed structure 1 is provided so as to be surrounded with a side wall 1A and capable of elongated/contracted developing for an entire shape. The side wall 1A is made by joining a plurality of segments (s...) in bent states and, with four adjacent segments where the joined sides intersect each other in one point set as one module, a plurality of closed modules bent while

inner angles are reduced in close curve directions following bending in an axial direction and a plurality of open modules bent while inner angles are increased in closed curve directions following bending in the axial direction are combined, and by bending these modules, elongated/contracted developments are carried out in the axial direction and a diameter direction.



[Claim(s)]

[Claim 1] A tubed expanding structure characterized by comprising the following which a side attachment wall comes to surround and in which elastic deployment of whole shape is possible.

Said side attachment wall is carrying out the shape of a cartridge which is the locus to which arbitrary closed contours were moved along arbitrary axis lines, and. In the state which can bend two or more segments in said axial direction and said direction of a closed contour. And a closed pattern bent while a connection pattern of a segment of more than four plurality with which a neighborhood which an adjoining segment of more than four plurality connects connects in the state of crossing at one point, and which said neighborhood to connect crosses at one point makes the inside on said closed contour small with bending of said axial direction.

They are said axial direction and said closed contour with the state where said closed contour was made close by bending of a segment which consisted of an open pattern bent while enlarging the inside on said closed contour with bending of said axial direction, and was connected by these closed pattern and an open pattern.

[Claim 2] Said side attachment wall uses a segment of a connected appointed number as one module, Repeat the same module as the module concerned in said axial direction and said direction of a closed contour, connect it, and said module, Comprise four segments connected with said closed pattern, and. Two segments which continue in said direction of a closed contour make almost the same the length of said direction of a closed contour, and are provided, and when the degree of bending of said axial direction is the maximum, The tubed expanding structure according to claim 1, wherein both ends in said direction of a closed contour of said module see from said axial direction and are bent at an angle which contacts mostly.

[Claim 3] Said side attachment wall uses a segment of a connected appointed number as one module, Repeat the same module as the module concerned in said axial direction and said direction of a closed contour, connect it, and said module, It has a portion which puts the 1st connected succeeding said direction of a closed contour - the 3rd two steps of segment on said axial direction, These 1st segments and the 2nd segment are connected with a closed pattern, and the 2nd segment

and the 3rd segment are connected with an open pattern, and when the degree of bending of said axial direction is the maximum, The tubed expanding structure according to claim 1, wherein said 2nd segment is mostly covered with said 1st segment by making the degree of bending of said 1st segment and the 2nd segment into the maximum.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the tubed expanding structure for obtaining closed space, for example in a space, moon's surface, or earth top etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] For some time, for example on space, the moon's surface, or the earth etc., in order to obtain closed space, the cylindrical structure thing surrounded by the tubed side attachment wall is considered. In such a cylindrical structure thing, enabling elasticity of a size, for example from fields, such as conveyance, is called for, and some developed leaf methods which enable elasticity of the cylindrical structure thing itself are proposed.

[0003] There were some whose elasticity of a side attachment wall is enabled in the lengthwise direction (center axis line direction of a cylinder) of a cylindrical structure thing in the developed leaf method of the conventional cylindrical structure thing.

[0004]

[Problem to be solved by the invention] The developed leaf method conventional [above-mentioned] needless to say is only elasticity of a lengthwise direction, and since lateral elastic deployment is not performed, there is still room for an improvement in the method of elastic deployment.

[0005] An object of this invention is to enable elastic deployment at a big rate in view of the above-mentioned actual condition, and also to provide the tubed expanding structure which has an expansion pattern in which various incidental effects are acquired.

[0006]

[Means for solving problem] In order to solve an aforementioned problem, the invention according to claim 1, Are carrying out the shape of a cartridge which is the locus to which a side attachment wall comes to be surrounded, it is a tubed expanding structure in which elastic deployment of whole shape is possible, and said side attachment wall moved arbitrary closed contours along

arbitrary axis lines, and. In the state which can bend two or more segments in said axial direction and said direction of a closed contour. And the connection pattern of the segment of more than four plurality with which the neighborhood which the adjoining segment of more than four plurality connects connects in the state of crossing at one point and which said neighborhood to connect crosses at one point, The closed pattern bent while making the inside on said closed contour small with bending of said axial direction, By bending of the segment which consisted of an open pattern bent while enlarging the inside on said closed contour with bending of said axial direction, and was connected by these closed pattern and the open pattern. It had composition which performs elastic deployment of the plane direction containing said axial direction and said closed contour with the state where said closed contour was made close.

[0007]An operation of the closed pattern which is bent in the direction which makes the inside small with bending of the above-mentioned axial direction according to this invention according to claim 1, An operation of the open pattern bent in the direction which enlarges the inside is put together, and the side attachment wall is folded up in the process in which the side attachment wall is folded up by the axial direction, also to the plane direction (the direction which has a vertical component of the above-mentioned axis line, or the radial direction of a cylinder) containing the above-mentioned closed contour. That is, the three-dimensional elasticity including the axial direction and radial direction of a cylinder is attained, and the degree of overall elasticity can be enlarged as a result.

[0008]Therefore, for example, in the case where it accommodates in some accommodation space temporarily when conveying this tubed expanding structure etc., efficient space use can be measured.

[0009]the plane view (cross sectional view) which has a medial axis of linear shape [form / of a tubed expanding structure] for example, here, although almost circular cylindrical shape etc. are mentioned, The tubed expanding structure of this invention is not restricted to the thing of cylindrical shape, for example, the thing of arbitrary closed contours, such as plane view, a triangle, and a polygon, is contained, and the axis line of a cylinder is not restricted to a linear thing,

either, but the thing of arbitrary curves is also contained. Although various combination is possible for the connection pattern of the segment which constitutes a side attachment wall, for example, the combination etc. which a closed pattern and an open pattern replace by turns in the above-mentioned closed contour direction are mentioned, Even if an open pattern continues, without being exchanged by turns or a closed pattern continues, it is possible, and it is possible even if the number of a closed pattern and open patterns also differs equally. However, in an axial direction, if it is a closed pattern, a closed pattern needs to continue, if it is an open pattern, an open pattern needs to continue and, thereby, the whole side attachment wall can be folded up smoothly.

[0010]The invention according to claim 2 uses as one module the segment of an appointed number with which said side attachment wall was connected in the tubed expanding structure according to claim 1, Repeat the same module as the module concerned in said axial direction and said direction of a closed contour, connect it, and said module, Comprise four segments connected with said closed pattern, and. Two segments which continue in said direction of a closed contour made almost the same the length of said direction of a closed contour, and were provided, and when the degree of bending of said axial direction was the maximum, the both ends in said direction of a closed contour of said module saw from said axial direction, and had composition bent at the angle which contacts mostly.

[0011]According to this invention according to claim 2, overall reduction efficiency of a side attachment wall can be especially made high. Namely, when projection by bending of plane view and the above-mentioned module serves as composition arranged several module minutes at a radial when carrying out bending reduction, but (refer to drawing 2) the above-mentioned side attachment wall makes bending of an axial direction the maximum, Since the both ends are bent to the angle which contacts mostly, the above-mentioned module makes small the length of the radial direction of a tubed expanding structure in the state where it bent.

[0012]Although the path length of a tubed expanding structure can also be made into the minimum in the state where it bent by using the bending angle of the above-mentioned module as an acute angle until modular both

ends lap, if modular both ends are kept in piles, the opposite effect that the degree of bending of an axial direction becomes low shortly will be caused. Because, since the both ends of the above-mentioned module are connected with the next module and constitute the half of a closed pattern, they are in the state where it already lapped with the next module. So, if an angle is used as an acute angle until modular both ends lap, as for the overlapping portion, also in a lap with the next module, an interval will be four-fold lap (state with which the segment of eight sheets lapped). Since the segment has a certain amount of thickness, the bending degrees of an axial direction differ about 2 times by the case where there are a case where there is four-fold lap, and a double lap.

[0013]However, in a tubed expanding structure given [above-mentioned] in Claim 2, since modular both ends do not lap in arrangement which sees from an axial direction and contacts mostly, reduction efficiency of an axial direction increases similarly and they can raise overall reduction efficiency most.

[0014]The invention according to claim 3 uses as one module a segment of an appointed number with which said side attachment wall was connected in the tubed expanding structure according to claim 1, Repeat the same module as the module concerned in said axial direction and said direction of a closed contour, connect it, and said module, It has a portion which puts the 1st connected succeeding said direction of a closed contour - the 3rd two steps of segment on said axial direction, These 1st segments and the 2nd segment are connected with a closed pattern, and the 2nd segment and the 3rd segment are connected with an open pattern, and when the degree of bending of said axial direction is the maximum, Said 2nd segment had composition mostly covered with said 1st segment by making the degree of bending of said 1st segment and the 2nd segment into the maximum.

[0015]According to this invention according to claim 3, especially reduction efficiency of a side attachment wall that receives radially can be raised. That is, if bending reduction of the side attachment wall is carried out, said 2nd segment will lap with the 1st segment, the length of a hoop direction of the part and a side attachment wall is reduced, and a radial reduction can be measured.

[0016]according to the composition of the

above-mentioned side attachment wall, the effect that a building envelope when carrying out bending reduction is boiled comparatively, and can be taken is also acquired. [large] That is, since reduction of the above-mentioned radial direction is not performed by making a segment stuff into a center section but it is carried out by turning up a part of segment, the part and a building envelope will be secured.

[0017]

[Mode for carrying out the invention]Hereafter, this embodiment of the invention is described, referring to Drawings. [A 1st embodiment] the perspective view and drawing 2 which drawing 1 shows the state at the time of deployment of the tubed expanding structure 1 of this embodiment, A flat-surface development view for the perspective view and drawing 3 in which the state at the time of the accommodation which folded up the tubed expanding structure 1 is shown to explain the fold of the tubed expanding structure 1, and drawing 4 are the plans in the state where bending of the tubed expanding structure 1 became the maximum.

[0018]In a space, moon's surface, or earth top etc. for example, the tubed expanding structure 1 of this embodiment, The closed space (it does not need to be closed down thoroughly and the opening of the upper and lower ends of a cylinder may be carried out) surrounded by the side attachment wall 1A is formed, and the circumference connects segment s of quadrilateral shape mutually in the state which can be bent, and is constituted. As shown in drawing 1 and drawing 2, bending in the state (drawing 2) where it reduced to z shaft orientations and the radial direction on a x-y flat surface from the state at the time of deployment of cylindrical shape (drawing 1) mostly is attained by bending the connection part between each segment simultaneously.

[0019]As shown in drawing 3, the side attachment wall 1A connects a thing of the module M1 which consists of the four segments s1-s4, and the shape of isomorphism to six hoop directions on a x-y flat surface, constitutes a unit, and connects this unit to z shaft orientations in multistage, and is constituted. This module M1 is what connected the four segments s1-s4 by the closed pattern Pc, and is bent with bending of z shaft orientations in the direction which makes small the inside on a x-y flat surface. A connection part of open pattern Po is

constituted by the two modules M1 and connection of M1, and it is bent in the direction which enlarges the inside on a x-y flat surface with bending of z shaft orientations by a connection part of this open pattern Po.

[0020]Here, in order to explain a bending mode of the closed pattern Pc and open pattern Po, a development view of a segment connected by open pattern Po is shown in drawing 5. The figure (a) shows an expanded state of a segment connected by open pattern Po, and the Drawing (b) and (c) shows a process bent one by one.

[0021]Open pattern Po is the connection pattern connected, for example so that connection neighborhood h_{12} of the four segments s_1 - s_4 , h_{23} , h_{34} , and h_{41} might cross at a predetermined angle. And connection neighborhood h_{12} extended to z shaft orientations and h_{23} are bent in the direction which enlarges the inside by two connection neighborhoods h_{12} extended in the direction of x-y and h_{34} being mutually bent for reverse in z shaft orientations. It depends for this bending angle on the angle which each connection neighborhood h_{12} , h_{23} , h_{34} , and h_{41} cross at the time of deployment, and it is setting up these angles suitably and the above-mentioned bending angle can also be changed. Open pattern Po makes reverse the direction of bending of the above-mentioned closed pattern Pc.

[0022]Each segment s in the tubed expanding structure 1 a connection pattern, Open pattern Po and the closed pattern Pc are alternately combined with the hoop direction on a x-y flat surface, and a polygon is constituted by each segment on a x-y flat surface, and. In the process bent to z shaft orientations, the portion of the closed pattern Pc is bent in the direction which makes the inside small, and the portion of open pattern Po is bent in the direction which enlarges the inside, and changes, without changing total of the inside.

[0023]As shown in drawing 4, in the state where bending of z shaft orientations serves as the maximum, the module M1 which consists of the segments s_1 - s_4 is set up so that the both ends may be bent by the angle which contacts mostly on the point P1. And the portion (portion with which the segment of four sheets laps in the module M1) from which segment s becomes a double lap is set as the range w_1 of module M1 center, the range w_2 of module M1 both ends, and w_2 ,

and other portions are set up become one-fold lap.

[0024]In this state where it was bent, the internal excessive space B1 is formed in the inside of the tubed expanding structure 1, and external excessive space B-2 is formed in the outer peripheral part of the tubed expanding structure 1. When making it reduce and making the tubed expanding structure 1 accommodate, these excessive space is produced not a little, although it is a portion which becomes useless [an accommodation space].

[0025]As mentioned above, since according to the tubed expanding structure 1 of this embodiment it is folded up also to a radial direction and three-dimensional elasticity is attained with bending of z shaft orientations (predetermined axial direction), the degree of overall elasticity can be enlarged. Therefore, for example, in the case where it accommodates in some accommodation space temporarily when conveying this tubed expanding structure 1 etc., efficient space use can be measured.

[0026]Since a bending angle of the above-mentioned module M1 is set as an angle at which both ends are mostly contacted by the point P1, the length of a radial direction of the tubed expanding structure 1 can be held down to the minimum by a basis of conditions of segment s that a lap does not increase more than a duplex. The both ends w_2 of the module M1 and w_2 , [namely,] Since it is in the state where it has already lapped doubly, for a lap with the adjoining module M1, if a bending angle of the module M1 is further set as an acute angle, four-fold lap will arise in an end of the module M1, and the degree of bending of z shaft orientations will be made low by this four-fold lap. A fall of the degree of bending of these z shaft orientations is avoided by ** and the above-mentioned composition, and it is higher [overall reduction efficiency seen in three dimensions].

[0027]This invention is not restricted to the tubed expanding structure 1 of this embodiment, and can be suitably changed in the range which does not deviate from the meaning of invention. For example, although a thing of cylindrical shape of a plane view **** round shape (polygon whose neighboring length is almost the same) extended straight was mentioned to z shaft orientations as form of a tubed expanding structure, A thing except plane view **** circular is contained, and it is not restricted to the above-mentioned

combination about combination of a connection pattern of a segment which constitutes a side attachment wall, but various combination is possible.

[0028][A 2nd embodiment] a perspective view and drawing 7 which drawing 6 shows a state at the time of deployment of the tubed expanding structure 100 of this embodiment, A flat-surface development view for a perspective view and drawing 8 in which the state where the tubed expanding structure 100 was folded up is shown to explain a fold of the tubed expanding structure 100, and drawing 9 are the plans in the state where bending of the tubed expanding structure 100 became the maximum. A bending condition in drawing 9 is the ideal thing which disregarded an operation by a lap of segment s--, and is the segment s actually. -- The degree of bending falls for a while from a state of a figure by a lap.

[0029]In a space, moon's surface, or earth top etc. for example, the tubed expanding structure 100 of this embodiment, The closed space (it does not need to be closed down thoroughly and the opening of the upper and lower ends of a cylinder may be carried out) surrounded by the side attachment wall 100A is formed, and the circumference connects segment s-- of quadrilateral shape mutually in the state which can be bent, and is constituted. As shown in drawing 6 and drawing 7, bending in the state (drawing 7) where it reduced to z shaft orientations and the radial direction on a x-y flat surface from the state at the time of deployment of cylindrical shape (drawing 6) mostly is attained by bending the connection part between each segment simultaneously.

[0030]As shown in drawing 8, connect the thing of the module M100 which consists of the eight segments s11-s42, and the shape of isomorphism to six hoop directions on a x-y flat surface, and a unit is constituted, and this unit is connected to z shaft orientations in multistage, and the side attachment wall 100A is constituted. The module M100 carries out continuation connection of the 1st segment s11, s12, the 2nd segment s21 and s22, the 3rd segment s31 and s32, and the 4th segment s41 and s42 in a hoop direction, and is constituted. And the 1st segment s11, s12 and the 2nd segment s21, and s22 are connected by a closed pattern, The 2nd segment s21, s22 and the 3rd segment s31, and s32 are connected by an open pattern, and the 3rd segment s31, s32 and the 4th

segment s41, and s42 are connected by the closed pattern. The 4th segment s41, s42, and the 1st segment s11 of the adjoining module M100 and s12 are connected by the open pattern.

[0031]As shown in drawing 9, in the state where bending of z shaft orientations serves as the maximum, the bending angle of the 1st segment s11, s12 and the 2nd segment s21, and the closed pattern that consists of s22, It is set up become the minimum (for example, 0 degree - 10 degrees) mostly, and the 2nd segment s21 and s22 lap mostly on the 1st segment s11 and s12. The bending angle of the 2nd segment s21, s22 and the 3rd segment s31, and the open pattern that consists of s32 is mostly set as the maximum (for example, 350 degrees - 360 degrees), and the 3rd segment s31 and s32 lap mostly on the 2nd segment s21 and s22.

[0032]In this state where it was bent, internal excessive space B4 is formed in the inside of the tubed expanding structure 100, and external excessive space B5 is formed in the outer peripheral part of the tubed expanding structure 100.

[0033]As mentioned above, since three-dimensional elasticity of z shaft orientations and the direction of x-y is attained according to the tubed expanding structure 100 of this embodiment, Efficient space use can be measured in the case where it accommodates in some accommodation space temporarily when the degree of overall elasticity can be enlarged, for example, it conveys this tubed expanding structure 1 etc.

[0034]When z shaft orientations are made to contract according to the tubed expanding structure 100 of this embodiment, Since it will be in the 2nd segment s21 and the state where s22 lapped mostly on the 1st segment s11 and s12 and will be in the 3rd segment s31 and the state where s32 lapped mostly on the 2nd segment s21 and s22, further, The length of the hoop direction of a side attachment wall is reduced, and only the part of the lap can measure a radial reduction.

[0035]Since reduction of the above-mentioned radial direction is performed by turning up a part of segment rather than is performed by making a segment stuff into a center section, it can make small the part and external excessive space B5, and can secure internal excessive space B4 greatly.

[0036][The modification of a tubed expanding structure and classification] Next, the modification of the tubed expanding structure

concerning this invention and its classification are described. Drawing 10 is a chart figure showing a classification of the tubed expanding structure concerning this invention. The tubed expanding structure concerning this invention can be classified into a symmetrical type and an asymmetrical type according to the bending pattern, as shown in drawing 10. A symmetrical type thing can be classified into an axial symmetry type and a symmetry-of-revolution type. Here, that in which an axial symmetry type has a bending pattern symmetrical with an axis to the medial axis of a tubed expanding structure, and the symmetry of revolution have a bending pattern symmetrical with rotation focusing on this medial axis. An axial symmetry type is classified according to the maximum overlap number of a segment. When the overlap number of a segment folds up a tubed expanding structure, it shows the

$$W/R_0 = \frac{4\pi}{k} \sin \frac{\theta}{2} \sec \frac{\pi}{k} \cos \frac{2\pi+k\theta}{2k}, \quad (k \geq 3) \quad (1)$$

W: ユニット幅

R₀: 展開時半径

k: 凸頂部数

θ: 凸頂部角度

Non-dimension unit width (W/R₀) and the convex crowning c in case convex top c-- is six pieces as an example at drawing 12 -- The graph charts of a relation with the angle theta are shown. In this case, as for non-dimension unit width (W/R₀), the number of part units of convex top c-- to which an angle serves as the maximum by pi/3, and unit width becomes large can be reduced.

overlap number of the segment in 1 unit, seeing it to a center axis line direction.

[0037] In order to reduce the thickness of a <axial symmetry type whose maximum overlap number is four or less> lapped part, the maximum overlap number of a segment is restricted to 4. The axial symmetry type whose maximum overlap number is four or less has the following geometric properties.

** In the axial symmetry type whose unit width maximum overlap number is four or less, the unit width W is the convex crowning c. -- Several k and convex top c-- are expressed like a following formula from the angle theta (refer to drawing 11). When convex top c-- folds up the tubed deployment structured division, it is a crowning which projects outside.

[Mathematical formula 1]

[0038]** When the radius at the time of the radius folding at the time of folding evaluates the folding efficiency of a tubed expanding structure, it serves as the most important parameter. An equation (2) is the convex crowning c. -- The radius ratio at several k and the time of folding of the tubed expanding structure of convex top c-- which made the angle theta the parameter, and deployment is shown.

[Mathematical formula 2]

$$R/R_0 = \frac{\pi}{k} \cos\left(\frac{\pi-\theta}{2} - \frac{\pi}{k}\right) \tan\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{k}\right) + \frac{\pi}{k} \tan \frac{\pi}{k} \tan \frac{\theta}{2} \cos \frac{2\pi+k\theta}{2k} \quad (k \geq 3) \quad (2)$$

R: 折りたたみ時半径

A radius ratio and the convex crowning c in case convex top c-- is six pieces as an example at drawing 13 -- The graph charts of a relation with the angle theta are shown. In this case, the radius ratio at the time of folding and deployment becomes so small [convex top c--] that the angle theta becomes small, and is understood that folding efficiency improves. [0039] <an axial symmetry type with the larger maximum overlap number than 4> -- if a value with a larger overlap number of an

axial symmetry type segment than 4 can be taken, the radius at the time of folding can be reduced further. The top view in the state where the tubed expanding structure 1L of the axial symmetry type [drawing 14 / overlap number / maximum] in 8 was folded up, and drawing 15 are the elements on larger scale of this tubed expanding structure 1L. Each parameter value of this tubed expanding structure 1L is the k= 8 number of convex top c--, and angle theta=pi/6 and maximum overlap number dmax=8 of a segment of

convex top c. The field where eight segments in 1 unit have lapped with W3 is shown among drawing 15.

[0040]A <normal rotation symmetrical type> view in the state where the normal rotation symmetrical type tubed expanding structure 100S folded up is shown in drawing 16. A normal rotation symmetrical type is characterized according to the internal edge Pin and the external edge Pout being parallel, is compared with a general symmetry-of-revolution type, and has high

symmetry-of-revolution type is classified into a normal rotation symmetrical type and a general symmetry-of-revolution type. A top

folding efficiency.

* The edge length convex crowning c of a convex crowning c. An angle is the convex crowning c. It is expressed by number and is the convex crowning c. As for the edge length L, convex top c. is expressed by several k like a following formula.

[Mathematical formula 3]

$$L/R_0 = \frac{\pi}{k(1+2\cos\frac{2\pi}{k})}, \quad (k \geq 5) \quad (3)$$

L:凸頂部エッジ長

** Unit width non-dimension unit width (W/R0) is the convex crowning c. It is

expressed by number like a following formula. [Mathematical formula 4]

$$W/R_0 = \frac{4\pi}{k(1+2\cos\frac{2\pi}{k})} \sin\frac{k}{2} \sec\frac{\pi}{k} \cos\frac{2\pi}{k}, \quad (k \geq 5) \quad (4)$$

** The radius ratio at the time of the radius folding at the time of folding and deployment is the convex crowning c. It is expressed by

the number like a following formula. [Mathematical formula 5]

$$R/R_0 = \frac{\pi}{k}, \quad (k \geq 5) \quad (5)$$

The top view in the state where the general symmetry-of-revolution type tubed expanding structure 100G folded up is shown in <general symmetry-of-revolution type> drawing 17. The parameter which determines structure has more than one including the structure which is not [a general symmetry-of-revolution type] parallel. It is possible to choose various structures by changing two or more parameters, and this can call it the characteristic general symmetry-of-revolution type characteristic.

[0041]As application of a <application of tubed expanding structure> tubed expanding structure, the dust shield which protects a space system from that of a meteorite or space debris can be considered. The schematic view showing the application of a tubed expanding structure is shown in drawing 18. It is a space system with which one needs to protect a tubed expanding structure among the figure, and 200 needs to protect a space shuttle and 201 from a meteorite etc. When the maximum overlap number uses the axial symmetry type tubed

expanding structure 1 of 4 as a dust shield and a dust shield is developed, the geometric parameter of this dust shield is obtained by the above-mentioned equation (1) and (2). For example, they are 10 m and the convex crowning c about the length of 6 m and an axial direction in the diameter two R0 required at the time of deployment. The unit width W which is other geometric parameters when a number is set to 6, convex crowning c. The angle theta and the unit n [several] are determined as follows, respectively.

As an application of others of W=0.85 [m], theta=0.3 [rad], and an n=12 tubed expanding structure, when building a base in the cave of the moon, it is possible to apply a tubed expanding structure, for example. Generally the entrance of a cave is narrower than the inside of a cave. Therefore, it becomes possible by developing an entrance inside through and a cave, where a tubed expanding structure is folded up to build the base in a cave for a short period of time.

[0042]

[Effect of the Invention]Since

three-dimensional elasticity of an axial direction and the direction of a closed contour is attained according to the invention according to claim 1, Efficient space use can be measured in the case where it accommodates in some accommodation space temporarily when the degree of overall elasticity becomes large, for example, it conveys a tubed expanding structure etc. Therefore, for example, in the case where it accommodates in some accommodation space temporarily when conveying this tubed expanding structure etc., efficient space use can be measured.

[0043]According to the invention according to claim 2, four-fold lap of a segment can be avoided and the length of the radial direction in the state where it was folded up can be made into the minimum. Therefore, overall reduction efficiency of a tubed expanding structure can be made high.

[0044]According to the invention according to claim 3, the length of the hoop direction of a side attachment wall is reduced by the lap of the 2nd segment and the 1st segment, and a radial reduction can be measured. Therefore, especially the reduction efficiency that receives radially can be raised. Since reduction of the above-mentioned radial direction is not performed by making a segment stuff into a center section but it is carried out by turning up a part of segment, the effect that the part and a large building envelope can be taken in comparison is acquired.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a perspective view showing the state at the time of deployment of the tubed expanding structure of a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2]It is a perspective view showing the state where the tubed expanding structure of drawing 1 was folded up.

[Drawing 3]It is a flat-surface development view for explaining the fold of the tubed expanding structure of drawing 1.

[Drawing 4]It is a plan in the state where bending of the tubed expanding structure of drawing 1 was made into the maximum.

[Drawing 5]It is a perspective view for which the process in which the segment connected with the open pattern is bent is shown, and, as for the 1st process and (b), the 2nd process and (c) of (a) are the things of the 3rd process.

[Drawing 6]It is a perspective view showing the state at the time of deployment of the tubed expanding structure of a 2nd embodiment.

[Drawing 7]It is a perspective view showing the state where the tubed expanding structure of drawing 6 was folded up.

[Drawing 8]It is a flat-surface development view for explaining the fold of the tubed expanding structure of drawing 6.

[Drawing 9]It is a plan in the state where bending of the tubed expanding structure of drawing 6 was made into the maximum.

[Drawing 10]It is a chart figure showing a classification of the tubed expanding structure concerning this invention.

[Drawing 11]It is a top view showing an axial symmetry type (the maximum overlap number is four or less) parameter.

[Drawing 12]They are graph charts showing the relation between axial symmetry type (the maximum overlap number is four or less) non-dimension unit width (W/R0) and the angle theta of a convex crowning.

[Drawing 13]They are graph charts showing the relation between an axial symmetry type (the maximum overlap number is four or less) radius ratio and the angle theta of a convex crowning.

[Drawing 14]It is a top view showing the state where the axial symmetry type (the maximum overlap number is 8) tubed expanding structure was folded up.

[Drawing 15]It is the elements on larger scale of the tubed expanding structure of drawing 14.

[Drawing 16]The top view in the state where the normal rotation symmetrical type tubed expanding structure folded up is shown.

[Drawing 17]The top view in the state where the general symmetry-of-revolution type tubed expanding structure folded up is shown.

[Drawing 18]It is a schematic view showing the application of a tubed expanding structure.

[Explanations of letters or numerals]

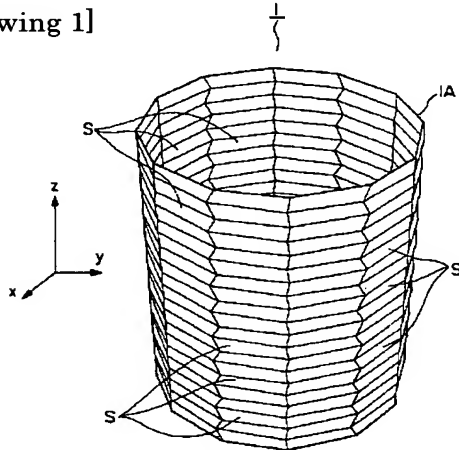
1	Tubed expanding structure (a 1st embodiment)
1A	Side attachment wall
s --	Segment
M1	Module
Pc	Connection part of a closed pattern
Po	Connection part of an open pattern
100	Tubed expanding structure (a 2nd embodiment)
100A	Side attachment wall
M100	Module
s11 and s12	The 1st segment
s21 and s22	The 2nd segment
s31 and s32	The 3rd segment

1L An axial symmetry type tubed
expanding structure (a segment overlap
number is larger than four)

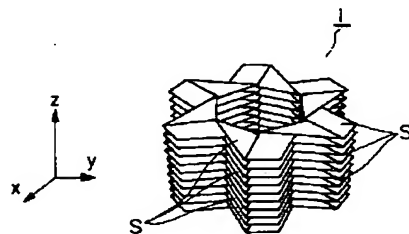
100S Symmetry-of-revolution type tubed
expanding structure (normalized form)

100G Symmetry-of-revolution type tubed
expanding structure (general type)

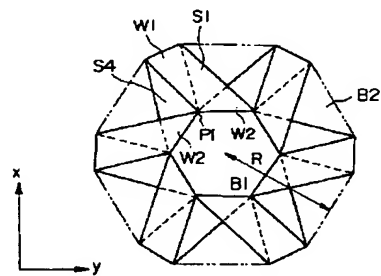
[Drawing 1]



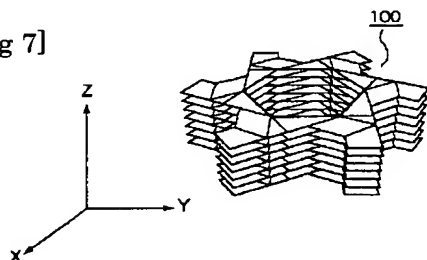
[Drawing 2]



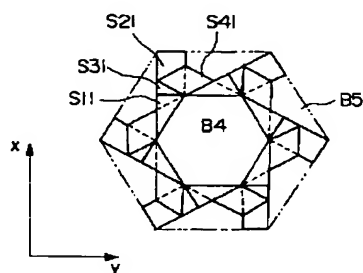
[Drawing 4]



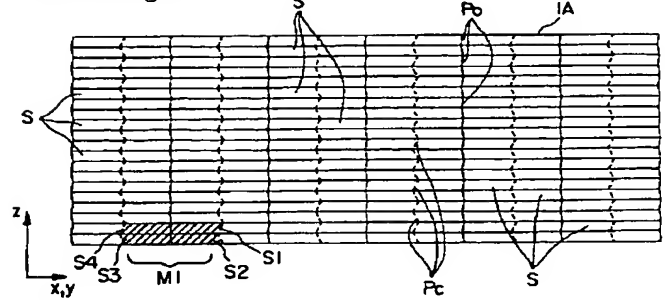
[Drawing 7]



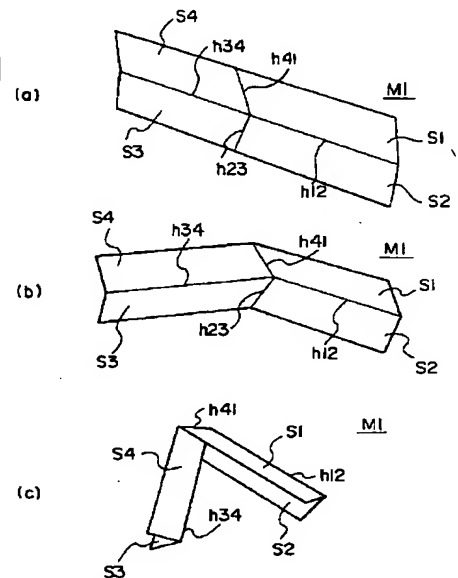
[Drawing 8]



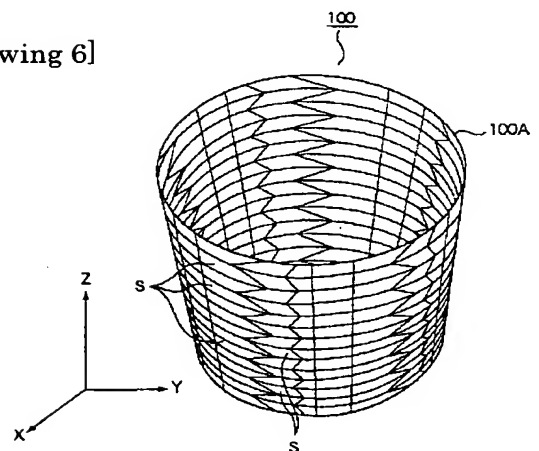
[Drawing 3]



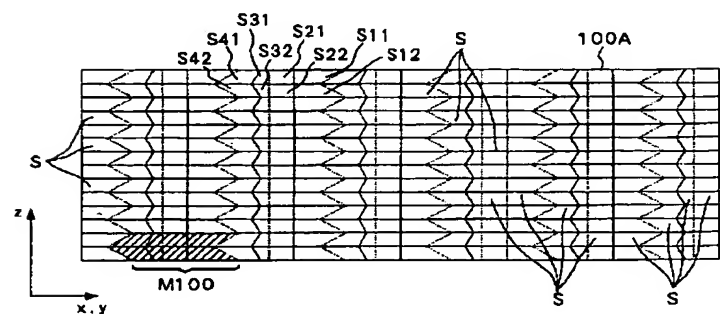
[Drawing 5]



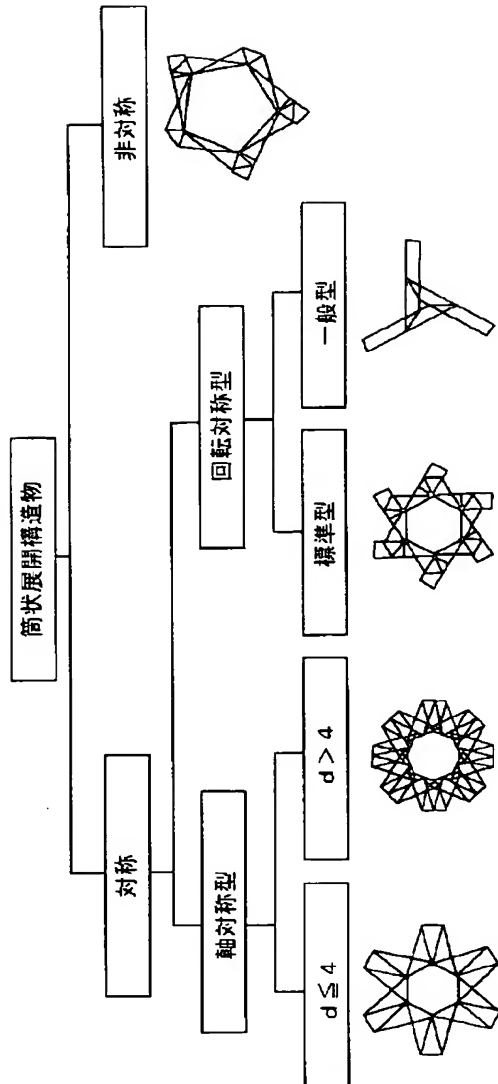
[Drawing 6]



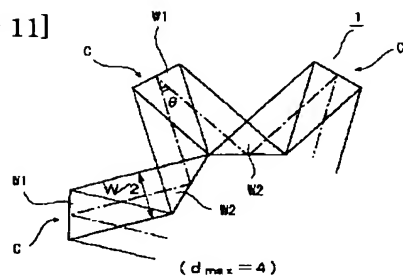
[Drawing 9]



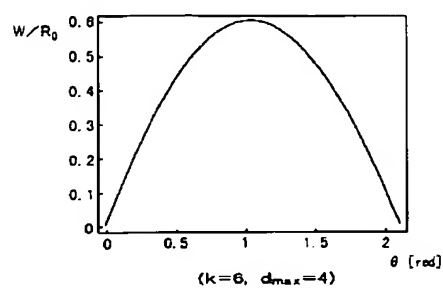
[Drawing 10]



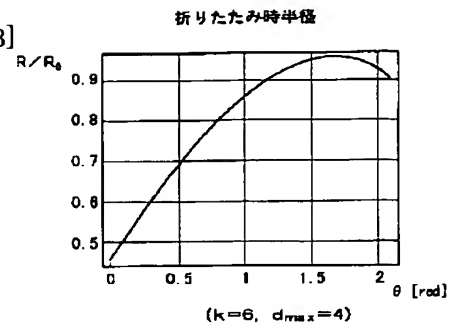
[[Drawing 11]]



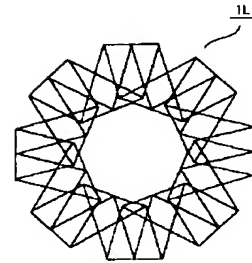
[Drawing 12]



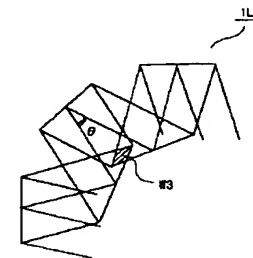
[Drawing 13]



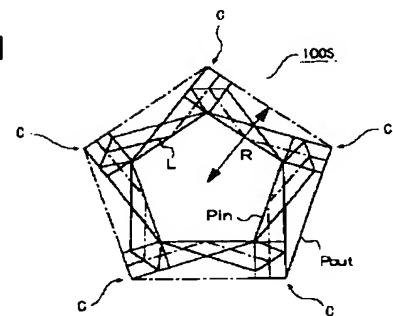
[Drawing 14]



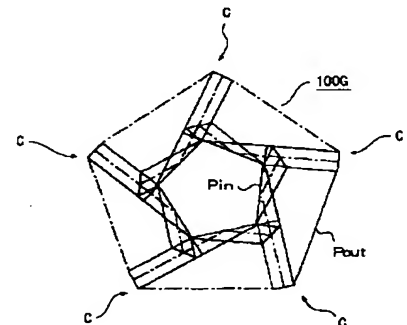
[Drawing 15]



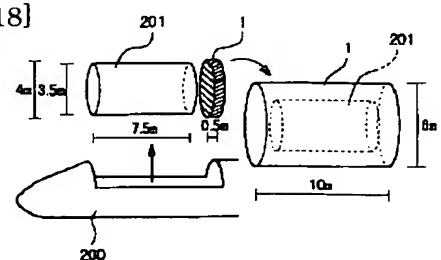
[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Drawing 18]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-223299

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

F 1 6 S 5/00

F 1 6 S 5/00

E 0 4 B 1/344

E 0 4 B 1/344

C

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-285639

(22) 出願日 平成10年(1998)10月7日

(31) 優先権主張番号 特願平9-333154

(32) 優先日 平9(1997)12月3日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000195971

西松建設株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目20番10号

(72) 発明者 十亀 昭人

東京都港区虎ノ門一丁目20番10号 西松建設株式会社内

(72) 発明者 齋藤 潤

東京都港区虎ノ門一丁目20番10号 西松建設株式会社内

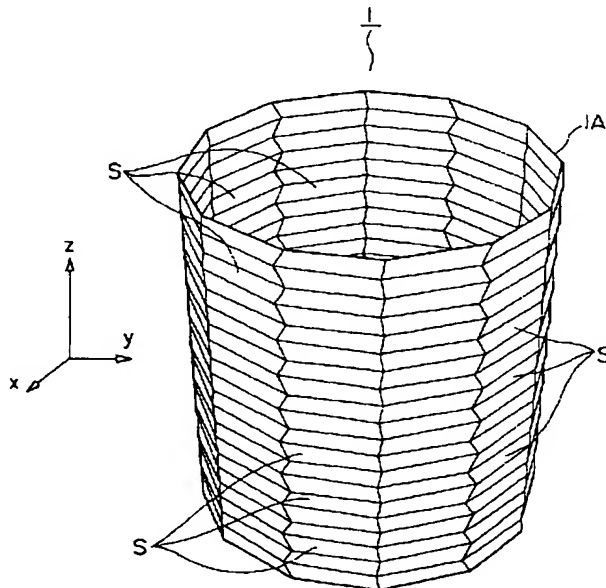
(74) 代理人 弁理士 荒船 博司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 筒状展開構造物

(57) 【要約】

【課題】 この発明の目的は、大きな割合で伸縮展開を可能とする、様々な展開パターンを有する筒状展開構造物を提供することである。

【解決手段】 側壁 1 A に囲まれてなり全体形状の伸縮展開が可能な筒状展開構造物 1 である。そして、前記側壁 1 A が、複数のセグメント s … を折曲可能な状態に継合して構成されると共に、前記継合する辺が 1 点で交わる状態に隣接する 4 つのセグメントを 1 モジュールとして、前記軸線方向の折曲に伴い前記閉曲線方向に内角を小さくしながら折曲される閉モジュールと、前記軸線方向の折曲に伴い前記閉曲線方向に内角を大きくしながら折曲される開モジュールとを複数組み合わせる構成され、これらモジュールの折曲により、軸線方向および径方向の伸縮展開を行う構成とした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 側壁に囲まれてなり全体形状の伸縮展開が可能な筒状展開構造物であって、前記側壁は、任意の閉曲線を任意の軸線に沿って移動させた軌跡である筒形状をしていると共に、前記軸線方向および前記閉曲線方向に複数のセグメントを折曲可能な状態で、且つ、隣接する 4 つ以上複数のセグメントの継合する辺が 1 点で交わる状態で継合してなり、前記継合する辺が一点で交わる 4 つ以上複数のセグメントの継合パターンは、前記軸線方向の折曲に伴い前記閉曲線上での内角を小さくしながら折曲される閉パターンと、前記軸線方向の折曲に伴い前記閉曲線上での内角を大きくしながら折曲される開パターンとからなり、これら閉パターンおよび開パターンで継合されたセグメントの折曲により、前記閉曲線を閉とした状態のまま、前記軸線方向および前記閉曲線を含む面方向の伸縮展開を行うことを特徴とする筒状展開構造物。

【請求項 2】 前記側壁は、接続された所定個のセグメントを 1 モジュールとして、当該モジュールと同一のモジュールを前記軸線方向および前記閉曲線方向に繰り返し継合してなり、前記モジュールは、前記閉パターンにより継合された 4 つのセグメントから構成されると共に、前記閉曲線方向に連続する 2 つのセグメントが前記閉曲線方向の長さをほぼ同一にして設けられ、前記軸線方向の折曲度が最大のときに、前記モジュールの前記閉曲線方向における両端部が、前記軸線方向から見て、ほぼ接触する角度で折曲されることを特徴とする請求項 1 に記載の筒状展開構造物。

【請求項 3】 前記側壁は、接続された所定個のセグメントを 1 モジュールとして、当該モジュールと同一のモジュールを前記軸線方向および前記閉曲線方向に繰り返し継合してなり、前記モジュールは、前記閉曲線方向に連続して継合される第 1 ～第 3 セグメントを前記軸線方向に 2 段重ねてなる部分を有し、これら第 1 セグメントと第 2 セグメントとが閉パターンにより継合され、第 2 セグメントと第 3 セグメントとが開パターンにより継合され、前記軸線方向の折曲度が最大のときに、前記第 1 セグメントと第 2 セグメントとの折曲度を最大として、前記第 2 セグメントが前記第 1 セグメントにほぼ覆われることを特徴とする請求項 1 に記載の筒状展開構造物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば宇宙空間、月面上、又は地球上などにおいて、閉鎖空間を得るための筒状展開構造物に関する。

【0002】

【従来の技術】以前より、例えば宇宙空間、月面上、又は地球上などで、閉鎖空間を得るために筒状の側壁に囲

まれた筒状構造物が考えられている。このような筒状構造物においては、例えば搬送等の面から大きさを伸縮可能にすることが求められ、筒状構造物自体を伸縮可能とする幾つかの展開法が提案されている。

【0003】従来の筒状構造物の展開法には、筒状構造物の縦方向（筒体の中心軸線方向）に側壁を伸縮可能とするものがあつた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】いうまでもなく、上記従来の展開法は、縦方向の伸縮のみであり、横方向の伸縮展開は行われないので、伸縮展開の方法にはまだ改善の余地がある。

【0005】この発明は、上記実状に鑑み、大きな割合で伸縮展開を可能とする他、様々な付帯効果が得られる展開パターンを有する筒状展開構造物を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項 1 に記載の発明は、側壁に囲まれてなり全体形状の伸縮展開が可能な筒状展開構造物であって、前記側壁が、任意の閉曲線を任意の軸線に沿って移動させた軌跡である筒形状をしていると共に、前記軸線方向および前記閉曲線方向に複数のセグメントを折曲可能な状態で、且つ、隣接する 4 つ以上複数のセグメントの継合する辺が 1 点で交わる状態で継合してなり、前記継合する辺が一点で交わる 4 つ以上複数のセグメントの継合パターンは、前記軸線方向の折曲に伴い前記閉曲線上での内角を小さくしながら折曲される閉パターンと、前記軸線方向の折曲に伴い前記閉曲線上での内角を大きくしながら折曲される開パターンとからなり、これら閉パターンおよび開パターンで継合されたセグメントの折曲により、前記閉曲線を閉とした状態のまま、前記軸線方向および前記閉曲線を含む面方向の伸縮展開を行う構成とした。

【0007】この請求項 1 に記載の発明によれば、上記軸線方向の折曲に伴い内角を小さくする方向に折曲される閉パターンの作用と、内角を大きくする方向に折曲される開パターンの作用とが合わさって、側壁が軸線方向に折りたたまれていく過程で、上記閉曲線を含む面方向（上記軸線の垂直成分を有する方向、或は、筒体の径方向）に対しても側壁が折りたたまれていく。即ち、筒体の軸線方向および径方向を含む 3 次元的な伸縮が可能となり、結果として、全体的な伸縮の度合いを大きくすることが出来る。

【0008】従って、例えば、この筒状展開構造物を搬送する場合や一時的にどこかの収容スペースに収容する場合などにおいて、効率の良いスペース利用を計ることが出来る。

【0009】ここで、筒状展開構造物の形状は、例えば、直線状の中心軸を有する平面視（断面視）ほぼ円形

の円筒形状などが挙げられるが、本発明の筒状展開構造物は、円筒形状のものに限られず、例えば平面視、三角形や多角形など任意の閉曲線のものも含まれるし、筒体の軸線も直線のものに限られず、任意の曲線のものも含まれる。また、側壁を構成するセグメントの継合パターンは、様々な組合せが可能であり、例えば、上記閉曲線方向に閉パターンと開パターンとが交互に入れ替わる組合せなどが挙げられるが、交互に入れ替わらずに開パターンが続いたり閉パターンが続いたりしても可能であるし、閉パターンと開パターンの数も等しくなく異なっても可能である。但し、軸線方向においては、閉パターンであれば閉パターンが続く必要があるし、開パターンであれば開パターンが続く必要があり、それにより側壁全体をスムーズに折りたたむことが出来る。

【0010】請求項2記載の発明は、請求項1記載の筒状展開構造物において、前記側壁が、接続された所定個のセグメントを1モジュールとして、当該モジュールと同一のモジュールを前記軸線方向および前記閉曲線方向に繰り返し継合してなり、前記モジュールは、前記閉パターンにより継合された4つのセグメントから構成されると共に、前記閉曲線方向に連続する2つのセグメントが前記閉曲線方向の長さをほぼ同一にして設けられ、前記軸線方向の折曲度が最大のときに、前記モジュールの前記閉曲線方向における両端部が、前記軸線方向から見て、ほぼ接触する角度で折曲される構成とした。

【0011】この請求項2記載の発明によれば、側壁の全体的な縮小効率を特に高くすることが出来る。即ち、上記側壁は、折曲縮小させたときに、平面視、上記モジュールの折曲による突出がモジュール数分放射状に配置される構成となるが(図2参照)、軸線方向の折曲を最大にしたときに、上記モジュールはその両端がほぼ接触する角度まで折曲されるので、折曲した状態で、筒状展開構造物の半径方向の長さを小さくさせる。

【0012】なお、上記モジュールの折曲角度をモジュールの両端が重なるまで鋭角にすることで、折曲した状態で筒状展開構造物の径長を最小にすることも出来るが、モジュールの両端を重ねてしまうと、こんどは軸線方向の折曲度が低くなるという逆効果を招く。なぜなら、上記モジュールの両端部は隣のモジュールと継合されて閉パターンの半分を構成しているため、すでに隣のモジュールと重なった状態にある。それ故、モジュールの両端が重なるまで角度を鋭角にしてしまうと、その重なった部分は、隣のモジュールとの重なりもあいまって、4重の重なり(8枚のセグメントが重なった状態)になってしまう。セグメントはある程度の厚みを有しているので、軸線方向の折曲度合いは4重の重なりがある場合と2重の重なりがある場合とではほぼ2倍異なる。

【0013】しかしながら、上記請求項2記載の筒状展開構造物では、モジュールの両端は、軸線方向から見て、ほぼ接触する配置で重なることがないので、軸線方

向の縮小効率も同様に高まり、全体的な縮小効率を最も高めることが出来る。

【0014】請求項3記載の発明は、請求項1記載の筒状展開構造物において、前記側壁が、接続された所定個のセグメントを1モジュールとして、当該モジュールと同一のモジュールを前記軸線方向および前記閉曲線方向に繰り返し継合してなり、前記モジュールは、前記閉曲線方向に連続して継合される第1～第3セグメントを前記軸線方向に2段重ねてなる部分を有し、これら第1セグメントと第2セグメントとが閉パターンにより継合され、第2セグメントと第3セグメントとが開パターンにより継合され、前記軸線方向の折曲度が最大のときに、前記第1セグメントと第2セグメントとの折曲度を最大として、前記第2セグメントが前記第1セグメントにほぼ覆われる構成とした。

【0015】この請求項3記載の発明によれば、側壁の半径方向に対する縮小効率を特に高めることが出来る。即ち、側壁を折曲縮小させると、前記第2セグメントが第1セグメントと重なることになり、その分、側壁の周方向の長さが縮小されて半径方向の縮小が計れる。

【0016】更に、上記側壁の構成によれば、折曲縮小させたときの内部空間を比較的に大きくとれるという効果も得られる。即ち、上記半径方向の縮小は、セグメントを中央部に押し込ませることで行われるのではなく、セグメントの一部を折り重ねることで行われるので、その分、内部空間が確保されることになる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【第1の実施の形態】図1は、この実施の形態の筒状展開構造物1の展開時の状態を示す斜視図、図2は、筒状展開構造物1を折りたたんだ収容時の状態を示す斜視図、図3は、筒状展開構造物1の折り目を説明するための平面展開図、図4は、筒状展開構造物1の折曲が最大となった状態の上面図である。

【0018】この実施の形態の筒状展開構造物1は、例えば、宇宙空間、月面上、又は地球上などにおいて、周囲が側壁1Aに囲まれた閉鎖空間(完全に閉鎖されている必要はなく、筒体の上下端は開口していても良い)を形成するもので、四辺形状のセグメントs...を互いに折曲可能な状態で継合して構成される。図1と図2に示すように、各セグメント間の継合部を同時に折曲させていくことで、ほぼ円筒形状の展開時の状態(図1)からz軸方向およびx-y平面上の径方向に縮小した状態(図2)に折曲可能になっている。

【0019】図3に示すように、側壁1Aは、4つのセグメントs1～s4からなるモジュールM1と同形状のものを、x-y平面上の周方向に6個継合してユニットを構成し、且つ、このユニットをz軸方向に多段に継合して構成される。このモジュールM1は、4つのセグメ

ント $s_1 \sim s_4$ を閉パターン P_c で継合したもので、 z 軸方向の折曲に伴って、 $x-y$ 平面上での内角を小さくする方向に折曲されるようになっている。また、2つのモジュール M_1 、 M_1 の継合により開パターン P_o の継合部が構成されており、この開パターン P_o の継合部により、 z 軸方向の折曲に伴って、 $x-y$ 平面上での内角を大きくする方向に折曲されるようになっている。

【0020】ここで、閉パターン P_c と開パターン P_o の折曲態様を説明するために、図 5 に開パターン P_o で継合されたセグメントの展開図を示す。同図 (a) は、開パターン P_o で継合されたセグメントの展開状態を示すもので、同図 (b) と (c) は順次折曲されていく過程を示すものである。

【0021】開パターン P_o は、例えば、4つのセグメント $s_1 \sim s_4$ の継合辺 h_{12} , h_{23} , h_{34} , h_{41} が所定の角度で交わるように継合された継合パターンである。そして、 $x-y$ 方向に伸びる 2つの継合辺 h_{12} , h_{34} が互いに逆向きに z 軸方向に折曲されることで、 z 軸方向に伸びる継合辺 h_{12} , h_{23} が内角を大きくする方向に折曲される。この折曲角度は、展開時において各継合辺 h_{12} , h_{23} , h_{34} , h_{41} が交わる角度に依存しており、これらの角度を適宜設定することで、上記折曲角度も変更可能である。開パターン P_o は、上記閉パターン P_c の折曲の方向を逆さにしたものである。

【0022】筒状展開構造物 1 における各セグメント $s \dots$ の継合パターンは、開パターン P_o および閉パターン P_c が、 $x-y$ 平面上の周方向に互い違いに組み合わせられたものであり、各セグメントにより $x-y$ 平面上に多角形が構成されると共に、 z 軸方向に折曲していく過程で、閉パターン P_c の部分は内角を小さくする方向に折曲され、開パターン P_o の部分は内角を大きくする方向に折曲されて、内角の総和を変化させずに変形していくようになっている。

【0023】図 4 に示すように、 z 軸方向の折曲が最大となる状態において、セグメント $s_1 \sim s_4$ からなるモジュール M_1 は、その両端部がポイント P_1 でほぼ接触する角度に折曲されるように設定されている。そして、セグメント $s \dots$ が 2 重の重なりとなる部分 (モジュール M_1 中で 4 枚のセグメントが重なる部分) が、モジュール M_1 中央の範囲 w_1 とモジュール M_1 両端部の範囲 w_2 , w_2 に設定され、その他の部分は 1 重の重なりとなるように設定されている。

【0024】また、この折曲された状態において、筒状展開構造物 1 の内部には内部余剰空間 B_1 が形成され、筒状展開構造物 1 の外周部には外部余剰空間 B_2 が形成される。これら余剰空間は、筒状展開構造物 1 を縮小させて収容させる際に、収容スペースの無駄となる部分であるが少なからず生じるものである。

【0025】以上のように、この実施の形態の筒状展開構造物 1 によれば、 z 軸方向 (所定の軸線方向) の折曲

に伴い、径方向に対しても折りたたまれ、3 次元的な伸縮が可能となるので、全体的な伸縮の度合いを大きくすることが出来る。従って、例えば、この筒状展開構造物 1 を搬送する場合や一時的にどこかの収容スペースに収容する場合などにおいて、効率の良いスペース利用を計ることが出来る。

【0026】また、上記モジュール M_1 の折曲角度が、両端部をポイント P_1 によりほぼ接触させる角度に設定されていることから、セグメント $s \dots$ の重なりが 2 重より多くならないという条件の基で、筒状展開構造物 1 の半径方向の長さを最小に抑えることが出来る。即ち、モジュール M_1 の両端部 w_2 , w_2 は、隣接するモジュール M_1 との重なりのため、既に 2 重に重なっている状態にあるので、モジュール M_1 の折曲角度を更に鋭角に設定すると、モジュール M_1 の端部において 4 重の重なりが生じてしまい、この 4 重の重なりにより z 軸方向の折曲度を低くしてしまう。が、上記構成により、この z 軸方向の折曲度の低下が回避され、3 次元的に見た全体的な縮小効率がより高いものになっている。

【0027】なお、本発明は、この実施の形態の筒状展開構造物 1 に限られるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。例えば、筒状展開構造物の形状として、 z 軸方向に真っ直ぐ伸びる平面視ほぼ円形 (辺の長さがほぼ同一の多角形) の円筒形状のものを挙げたが、平面視ほぼ円形以外のものも含まれるし、側壁を構成するセグメントの継合パターンの組合せについても、上記の組合せに限られず、様々な組合せが可能である。

【0028】[第 2 の実施の形態] 図 6 は、この実施の形態の筒状展開構造物 100 の展開時の状態を示す斜視図、図 7 は、筒状展開構造物 100 を折りたたんだ状態を示す斜視図、図 8 は、筒状展開構造物 100 の折り目を説明するための平面展開図、図 9 は、筒状展開構造物 100 の折曲が最大となった状態の上面図である。なお、図 9 における折曲状態は、セグメント $s \dots$ の重なりによる作用を無視した理想的なもので、実際には、セグメント $s \dots$ の重なりにより折曲度は図の状態より少し低下する。

【0029】この実施の形態の筒状展開構造物 100 は、例えば、宇宙空間、月面上、又は地球上などにおいて、周囲が側壁 100A に囲まれた閉鎖空間 (完全に閉鎖されている必要はなく、筒体の上下端は開口していても良い) を形成するもので、四辺形状のセグメント $s \dots$ を互いに折曲可能な状態で継合して構成される。図 6 と図 7 に示すように、各セグメント間の継合部を同時に折曲させていくことで、ほぼ円筒形状の展開時の状態 (図 6) から z 軸方向および $x-y$ 平面上の径方向に縮小した状態 (図 7) に折曲可能になっている。

【0030】図 8 に示すように、側壁 100A は、8つのセグメント $s_{11} \sim s_{42}$ からなるモジュール M_{10}

0と同形状のものを、x-y平面上の周方向に6個継合してユニットを構成すると共に、このユニットをz軸方向に多段に継合して構成される。モジュールM100は、第1セグメントs11、s12と、第2セグメントs21、s22と、第3セグメントs31、s32と、第4セグメントs41、s42とを周方向に連続継合して構成されている。そして、第1セグメントs11、s12と第2セグメントs21、s22とが閉パターンで継合され、第2セグメントs21、s22と第3セグメントs31、s32とが開パターンで継合され、第3セグメントs31、s32と第4セグメントs41、s42とが閉パターンで継合されている。また、第4セグメントs41、s42と、隣接するモジュールM100の第1セグメントs11、s12とが開パターンで継合されている。

【0031】図9に示すように、z軸方向の折曲が最大となる状態において、第1セグメントs11、s12および第2セグメントs21、s22からなる閉パターンの折曲角度は、ほぼ最小（例えば0°～10°）になるように設定され、第2セグメントs21、s22は第1セグメントs11、s12上にほぼ重なるようになっている。また、第2セグメントs21、s22と第3セグメントs31、s32とからなる開パターンの折曲角度はほぼ最大（例えば350°～360°）に設定され、第3セグメントs31、s32は第2セグメントs21、s22上にほぼ重なるようになっている。

【0032】また、この折曲された状態において、筒状展開構造物100の内部には内部余剰空間B4が形成され、筒状展開構造物100の外周部には外部余剰空間B5が形成される。

【0033】以上のように、この実施の形態の筒状展開構造物100によれば、z軸方向およびx-y方向の3次元的な伸縮が可能となるので、全体的な伸縮の度合いを大きくすることが出来て、例えば、この筒状展開構造物1を搬送する場合や一時的にどこかの収容スペースに収容する場合などにおいて、効率の良いスペース利用を計ることが出来る。

*

$$W/R_0 = \frac{4\pi}{k} \sin \frac{\theta}{2} \sec \frac{\pi}{k} \cos \frac{2\pi + k\theta}{2k}, \quad (k \geq 3) \quad (1)$$

W: ユニット幅

R₀: 展開時半径

k: 凸頂部数

θ: 凸頂部角度

一例として、図12には凸頂部c…が6個の場合の無次元ユニット幅(W/R₀)と凸頂部c…の角度θとの関係のグラフ図を示す。この場合、無次元ユニット幅(W/R₀)は凸頂部c…の角度がπ/3で最大となり、ユニット幅が大きくなる分ユニット数を減らすことが出来る。

*【0034】また、この実施の形態の筒状展開構造物100によれば、z軸方向に縮小させたときに、第2セグメントs21、s22が第1セグメントs11、s12上にほぼ重なった状態となり、更に、第3セグメントs31、s32が第2セグメントs21、s22上にほぼ重なった状態となるので、その重なり分だけ、側壁の周方向の長さが縮小されて半径方向の縮小が計れる。

【0035】更に、上記半径方向の縮小は、セグメントを中央部に押し込ませることで行われるのではなく、セグメントの一部を折り重ねることで行われるので、その分、外部余剰空間B5を小さくし、内部余剰空間B4を大きく確保することが出来る。

【0036】〔筒状展開構造物の変形例および分類〕次に、本発明に係る筒状展開構造物の変形例、および、その分類について記述する。図10は、本発明に係る筒状展開構造物の分類を示すチャート図である。本発明に係る筒状展開構造物は、図10に示すように、その折曲パターンにより対称型と非対称型に分類できる。更に、対称型のものは、軸対称型と回転対称型に分類できる。ここで、軸対称型は筒状展開構造物の中心軸に対して軸対称な折曲パターンを有するもの、回転対称はこの中心軸を中心として回転対称な折曲パターンを有するものである。更に、軸対称型は、セグメントの最大重なり数に従って分類される。セグメントの重なり数とは、筒状展開構造物を折りたたんだ際に、中心軸線方向に見て1ユニット中のセグメントの重なり数を示している。

【0037】＜最大重なり数が4以下の軸対称型＞重なり部分の厚さを減らすためには、セグメントの最大重なり数は4に制限される。最大重なり数が4以下の軸対称型は、次のような幾何学的特性を有する。

①ユニット幅

最大重なり数が4以下の軸対称型において、ユニット幅Wは、凸頂部c…の数kと凸頂部c…の角度θとから次式のように表される（図11参照）。なお、凸頂部c…とは、筒状展開構造部を折りたたんだ際に外側に突出する頂部のことである。

【数1】

$$W/R_0 = \frac{4\pi}{k} \sin \frac{\theta}{2} \sec \frac{\pi}{k} \cos \frac{2\pi + k\theta}{2k}, \quad (k \geq 3) \quad (1)$$

【0038】②折りたたみ時の半径

折りたたみ時の半径は、筒状展開構造物の折りたたみ効率を評価する上で最も重要なパラメータとなる。方程式(2)は、凸頂部c…の数kと凸頂部c…の角度θをパラメータとした筒状展開構造物の折りたたみ時と展開時の半径比を示している。

【数 2】

$$R/R_0 = \frac{\pi}{k} \cos\left(\frac{\pi-\theta}{2} - \frac{\pi}{k}\right) \tan\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{k}\right) + \frac{\pi}{k} \tan\frac{\pi}{k} \tan\frac{\theta}{2} \cos\frac{2\pi+k\theta}{2k} \quad (k \geq 3) \quad (2)$$

R: 折りたたみ時半径

一例として、図 1 3 に凸頂部 c… が 6 個の場合の半径比と凸頂部 c… の角度 θ との関係のグラフ図を示す。この場合、折りたたみ時と展開時の半径比は、凸頂部 c… の角度 θ が小さくなるほど小さくなり、折りたたみ効率が

【0039】＜最大重なり数が 4 より大きい軸対称型＞もしも、軸対称型のセグメントの重なり数が 4 より大きい値をとれるのであれば、折りたたみ時の半径を更に減らすことが出来る。図 1 4 は、最大重なり数が 8 で軸対称型の筒状展開構造物 1 L の折りたたまれた状態の平面図、図 1 5 は、この筒状展開構造物 1 L の部分拡大図である。この筒状展開構造物 1 L の各パラメータ値は、凸頂部 c… の数 $k=8$ 、凸頂部 c… の角度 $\theta=\pi/6$ 、セグメントの最大重なり数 $d_{\max}=8$ である。図 1 5 中、W3 に 1 ユニット中の 8 個のセグメントが重なっている領域を示す。

【0040】＜標準回転対称型＞回転対称型は、標準回転対称型と一般回転対称型とに分類される。図 1 6 に、標準回転対称型の筒状展開構造物 1 0 0 S の折りた

* たんだ状態の平面図を示す。標準回転対称型は、内部エッジ Pin と外部エッジ Pout とが平行であることにより特徴づけられ、一般回転対称型に較べて高い折りたたみ効率を有している。

①凸頂部のエッジ長

凸頂部 c… の角度は凸頂部 c… の数によって表され、凸頂部 c… のエッジ長 L は、凸頂部 c… の数 k により次式のように表される。

【数 3】

$$L/R_0 = \frac{\pi}{k(1+2\cos\frac{2\pi}{k})}, \quad (k \geq 5) \quad (3)$$

L: 凸頂部エッジ長

②ユニット幅

無次元ユニット幅 (W/R_0) は、凸頂部 c… の数によって次式のように表される。

【数 4】

$$W/R_0 = \frac{4\pi}{k(1+2\cos\frac{2\pi}{k})} \sin\frac{k}{2} \sec\frac{\pi}{k} \cos\frac{2\pi}{k}, \quad (k \geq 5)$$

(4)

③折りたたみ時の半径

折りたたみ時と展開時の半径比は、凸頂部 c… の数によって次式のように表される。

【数 5】

$$R/R_0 = \frac{\pi}{k}, \quad (k \geq 5) \quad (5)$$

＜一般回転対称型＞図 1 7 には、一般回転対称型の筒状展開構造物 1 0 0 G の折りたたんだ状態の平面図を示す。

一般回転対称型は、内部エッジ Pin と外部エッジ Pout とが平行でない構造を含み、構造を決定するパラメータは複数ある。複数のパラメータを変更することで様々な構造を選択することが可能であり、このことが一般回転対称型の特徴的な特性と云える。

【0041】＜筒状展開構造物の応用＞筒状展開構造物の応用として、宇宙システムを隕石や宇宙破砕物のから守るダストシールドが考えられる。図 1 8 には、筒状展開構造物の応用例を示す概略図を示す。同図中、1 は筒状展開構造物、2 0 0 はスペースシャトル、2 0 1 は隕石等から守る必要のある宇宙システムである。最大重なり数が 4 の軸対称型の筒状展開構造物 1 をダストシールドとした場合、ダストシールドを展開するとき、このダ

30 ストシールドの幾何学的なパラメータは上記方程式

(1) と (2) により得られる。例えば、展開時に必要な直径 $2R_0$ を 6 m、軸線方向の長さを 1 0 m、凸頂部 c… の数を 6 とすると、その他の幾何学的なパラメータであるユニット幅 W、凸頂部 c… の角度 θ 、ユニット数 n は、それぞれ次のように決定される。

$$W = 0.85 \text{ [m]}, \quad \theta = 0.3 \text{ [rad]}, \quad n = 12$$

筒状展開構造物のその他の応用例としては、例えば、月の洞窟の中に基地を建造する場合に筒状展開構造物を適用することが考えられる。洞窟の入り口は一般に洞窟内部より狭い。そのため、筒状展開構造物を折りたたんだ状態で入り口を通し、洞窟内部で展開させることで、洞窟内の基地を短期間で建造することが可能となる。

【0042】

【発明の効果】請求項 1 記載の発明によれば、軸線方向および閉曲線方向の 3 次元的な伸縮が可能となるので、全体的な伸縮の度合いが大きくなり、例えば、筒状展開構造物を搬送する場合や一時的にどこかの収容スペースに収容する場合などにおいて、効率の良いスペース利用を計ることが出来る。従って、例えば、この筒状展開構

造物を搬送する場合や一時的にどこかの収容スペースに収容する場合などにおいて、効率の良いスペース利用を計ることが出来る。

【0043】請求項2記載の発明によれば、セグメントの4重の重なりを回避し、且つ、折りたたまれた状態の径方向の長さを最小にすることが出来る。従って、筒状展開構造物の全体的な縮小効率を高くすることが出来る。

【0044】請求項3記載の発明によれば、第2セグメントと第1セグメントとの重なりにより、側壁の周方向の長さが縮小されて半径方向の縮小が計れる。従って、半径方向に対する縮小効率を特に高めることが出来る。また、上記半径方向の縮小は、セグメントを中央部に押し込ませることで行われるのではなく、セグメントの一部を折り重ねることで行われるので、その分、内部空間を比較的に大きくとれるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の筒状展開構造物の展開時の状態を示す斜視図である。

【図2】図1の筒状展開構造物を折りたたんだ状態を示す斜視図である。

【図3】図1の筒状展開構造物の折り目を説明するための平面展開図である。

【図4】図1の筒状展開構造物の折曲を最大とした状態における上面図である

【図5】開パターンにより継合されたセグメントが折曲されていく過程を示す斜視図であり、(a)は第1過程、(b)は第2過程、(c)は第3過程のものである。

【図6】第2の実施の形態の筒状展開構造物の展開時の状態を示す斜視図である。

【図7】図6の筒状展開構造物を折りたたんだ状態を示す斜視図である。

【図8】図6の筒状展開構造物の折り目を説明するための平面展開図である。

【図9】図6の筒状展開構造物の折曲を最大とした状態における上面図である

【図10】本発明に係る筒状展開構造物の分類を示すチャート図である。

【図11】軸対称型（最大重なり数が4以下）のパラメータを示す平面図である。

【図12】軸対称型（最大重なり数が4以下）の無次元ユニット幅 (W/R) と凸頂部の角度 θ との関係を示すグラフ図である。

【図13】軸対称型（最大重なり数が4以下）の半径比と凸頂部の角度 θ との関係を示すグラフ図である。

【図14】軸対称型（最大重なり数が8）の筒状展開構造物の折りたたまれた状態を示す平面図である。

【図15】図14の筒状展開構造物の部分拡大図である。

【図16】標準回転対称型の筒状展開構造物の折りたたんだ状態の平面図を示す。

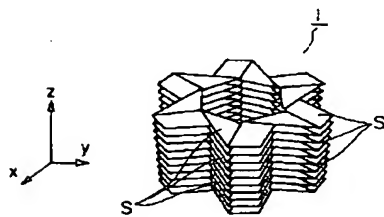
【図17】一般回転対称型の筒状展開構造物の折りたたんだ状態の平面図を示す。

【図18】筒状展開構造物の応用例を示す概略図である。

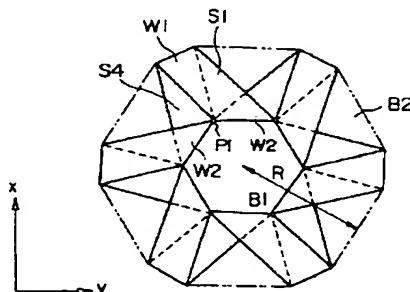
【符号の説明】

1	筒状展開構造物（第1の実施の形態）
1A	側壁
s...	セグメント
M1	モジュール
Pc	閉パターンの継合部
Po	開パターンの継合部
100	筒状展開構造物（第2の実施の形態）
100A	側壁
M100	モジュール
s11, s12	第1セグメント
s21, s22	第2セグメント
s31, s32	第3セグメント
1L	軸対称型の筒状展開構造物（セグメント重なり数が4より大きい）
100S	回転対称型の筒状展開構造物（標準型）
100G	回転対称型の筒状展開構造物（一般型）

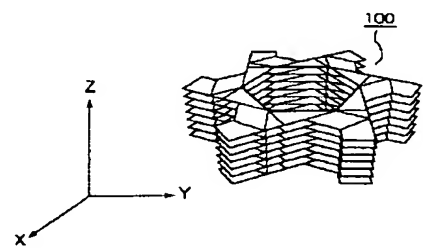
【図2】



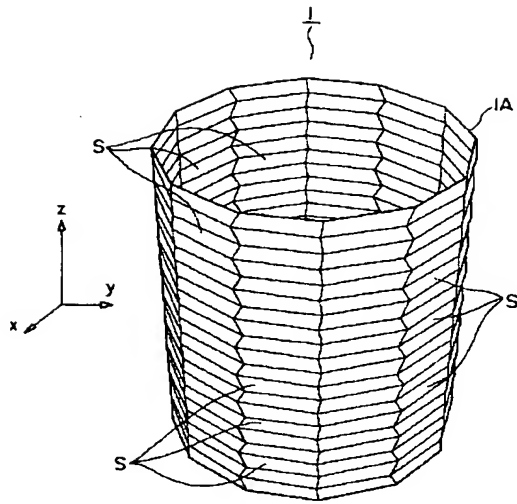
【図4】



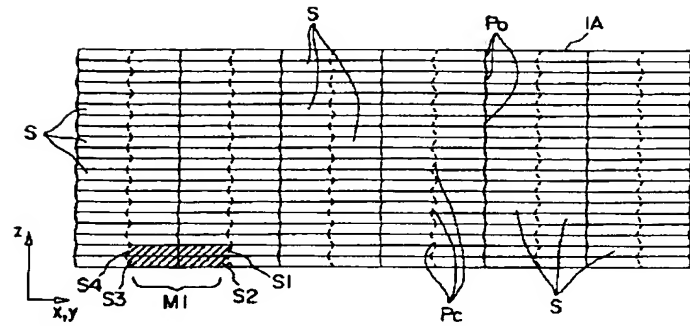
【図7】



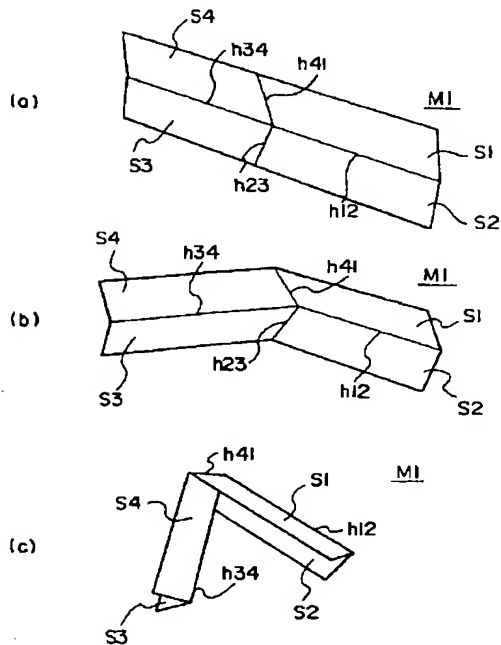
【図 1】



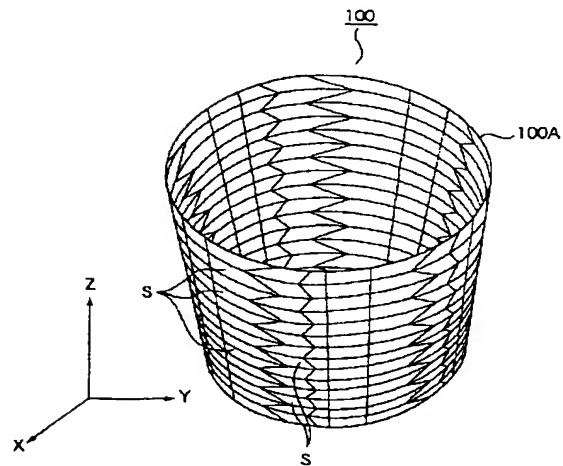
【図 3】



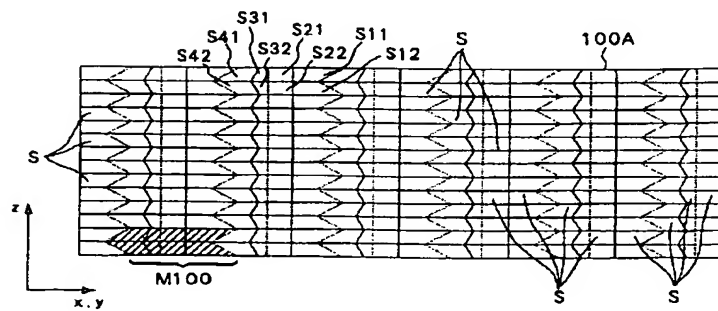
【図 5】



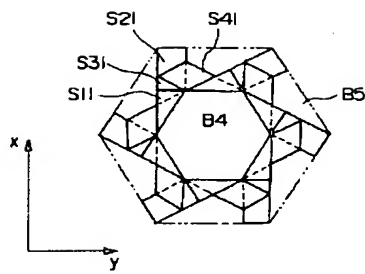
【図 6】



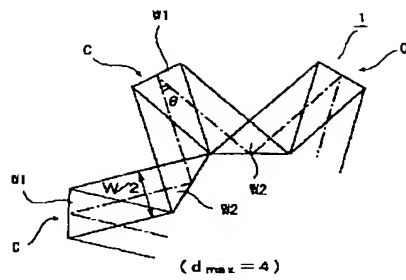
【図 8】



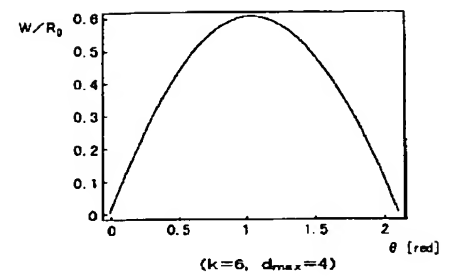
【図 9】



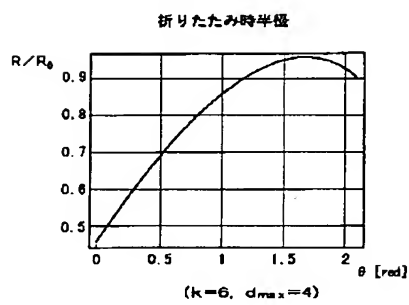
【図 11】



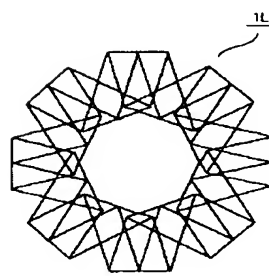
【図 12】



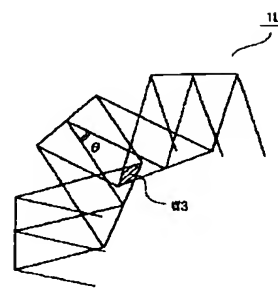
【図 13】



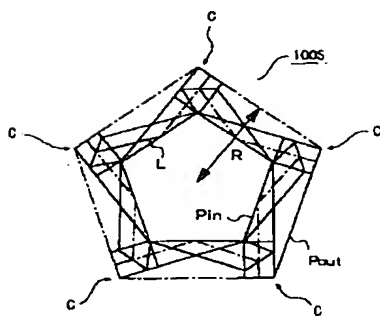
【図 14】



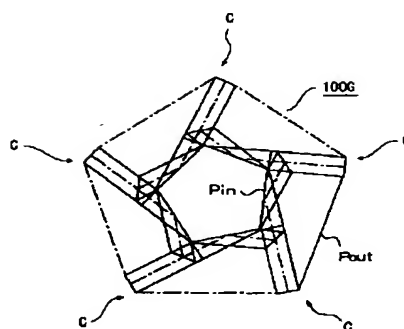
【図 15】



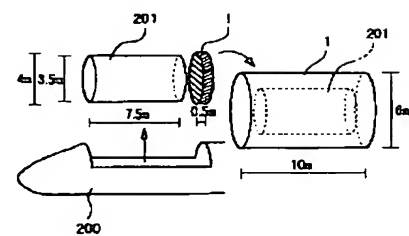
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 10】

